



Método científico

Prof. Gentil Oliveira Pires

Descrição

Apresentação do método científico, das metodologias científicas e de uma breve história da ciência, identificando o princípio da medida científica, suas grandezas e unidades básicas de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI).

Propósito

Este estudo permite compreender a evolução histórico-filosófica da ciência, contextualizando o conceito de método científico e sua aplicação. Valoriza o método científico como ferramenta essencial para investigação e inovação. Além disso, a familiaridade com as metodologias científicas e o Sistema Internacional de Unidades (SI) é essencial para realizar medições precisas e reprodutíveis, fundamentais para o avanço da ciência e da tecnologia.

Objetivos

Módulo 1

A filosofia da Grécia Antiga na ciência

Comparar a filosofia da Grécia Antiga com a origem do universo e com a ciência.

Módulo 2

Método científico e metodologia científica na Renascença

Reconhecer a formalização do método científico e da metodologia científica na Renascença.

Módulo 3

Metodologia científica na ciência moderna

Reconhecer a metodologia científica na ciência moderna.



Introdução

Desde as primeiras interações da humanidade com a natureza – com fenômenos físicos, químicos, biológicos, médicos, entre outros – foi muito comum nossos antepassados associarem fenômenos naturais a mitologias, divindades e crenças, ou seja, ao desenvolvimento de uma cultura religiosa. O questionamento

crítico que caracteriza a abordagem científica contemporânea não estava presente nessas interações.

Provavelmente, se um indivíduo tivesse acesso a uma nova ciência ou a um conhecimento completamente transformador, e não compreendêssemos os fundamentos científicos dessa novidade, muitos de nós identificariam o detentor desse conhecimento como uma divindade, mesmo tendo em mente os critérios científicos. Não seria possível distinguir essa ciência desconhecida de um fenômeno sobrenatural ou associado ao sentimento religioso de cada um que o experimentasse.

Discutiremos a distinção entre ciência e crenças, abordando a integridade do método científico em relação a influências ideológicas, culturais ou religiosas. Exploraremos a metodologia científica focando na compreensão do método científico e apresentando aspectos da história filosófica e científica.

Material para download

Clique no botão abaixo para fazer o download do conteúdo completo em formato PDF.

Download material



1 - A filosofia da Grécia Antiga na ciência

Ao final deste módulo, você será capaz de comparar a filosofia da Grécia Antiga com a origem do universo e com a ciência.

Filosofia da Grécia Antiga

A razão e a tradição filosófica ocidental

A tradição filosófica surgiu na Grécia Antiga, período classificado entre os anos 700 [AEC](#) e 250 EC. O primeiro filósofo grego a propor a racionalidade e o pensamento livre como formas de compreender os fenômenos universais da natureza foi Tales de Mileto (624-546 AEC.).

Sua metafísica contradizia a mitologia grega, tradição oral milenar que explicava a origem do universo e seus mais diversos fenômenos por meio de divindades religiosas e mitológicas, em uma tradição dogmática incontestável até então.

Os filósofos pré-socráticos — **Tales de Mileto (624-546 AEC)**, **Anaximandro (610-546 AEC.)**, **Anaxímenes (588-524 AEC.)** e **Pitágoras (570-495 AEC.)** — acreditavam que se pudssemos compreender os fenômenos da natureza e do universo preferencialmente por meio da matemática, de forma racional e lógica, estaríamos livres dos caprichos dos deuses mitológicos e mais próximos da verdade universal. Devemos a essa escola e seus filósofos o nascimento do **pensamento científico ocidental**.

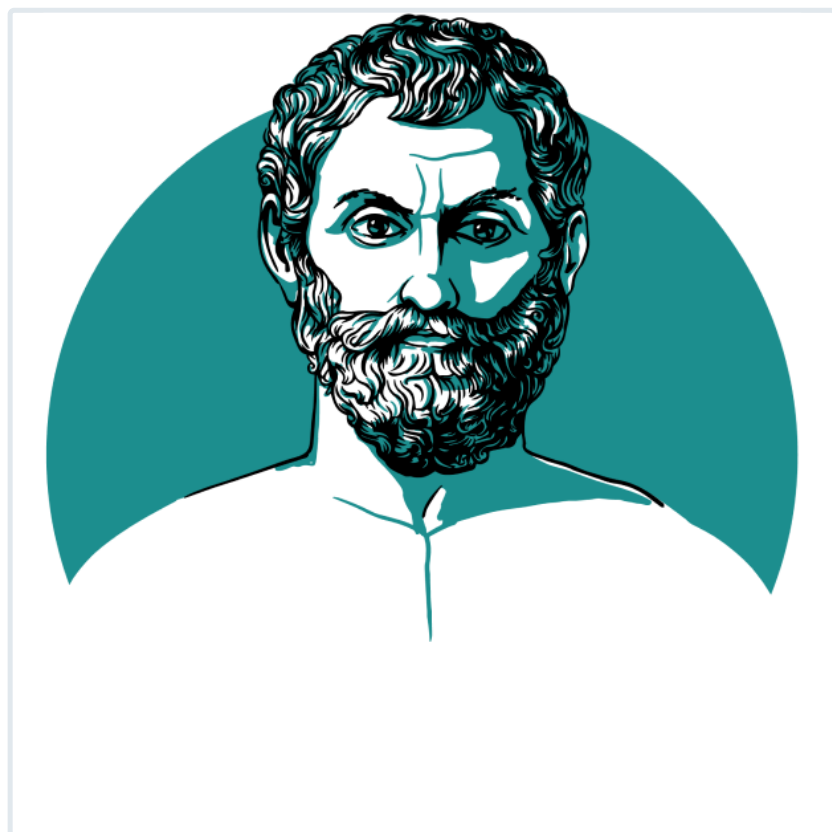
Vejamos um pouco sobre as principais contribuições dos filósofos da Grécia Antiga.

AEC

O uso das siglas AEC (antes da Era Comum) e EC (Era Comum) tem como objetivo uma escrita inclusiva, sem distinção de crença ou cultura. São equivalentes aos termos antes de Cristo (a.C.) e depois de Cristo (d.C.).



Selecione o card e clique no ícone de virar para mais informações.



Tales de Mileto (624-546 AEC)



Que tal se colocar como um desses pensadores e escutar sua própria voz? Escolha um pensador e tente falar na perspectiva dele!

 Gravar

 Parar

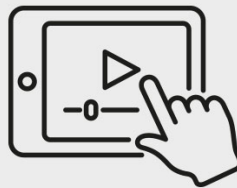
Vamos agora nos aprofundar em mais algumas contribuições dos filósofos apresentados, além de explorar outros pensadores que foram fundamentais para a construção da tradição filosófica ocidental.



Alegoria da Caverna

Entenda como essa alegoria ilustra as ideias de Platão sobre as formas perfeitas e nossa limitação na compreensão da verdade. Assista ao vídeo!

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Agora que saímos da caverna, podemos concluir que a **verdade** só pode ser alcançada pela **razão**, pelo mundo das ideias, não por nossos sentidos, opiniões e por experiências de sombras.

Observar como ato de discordar: o aristotelismo

Aristóteles (384-322 AEC.) estudou na Academia de Atenas, foi aluno de Platão, de quem recebeu grande influência, mas **discordava** da filosofia

das formas porque acreditava ser possível, observando a natureza, encontrar a verdade sobre os fenômenos.

A partir das experiências com o mundo, compreenderíamos as qualidades universais de que falava Platão. Essa abordagem de Aristóteles é um dos pilares das ciências modernas, a obtenção do conhecimento pela experiência, buscando racionalmente a verdade.



Ilustração de Aristóteles.

Ele fundou sua escola em Atenas, o Liceu. Sua abordagem inicial se deu nos campos da botânica e da zoologia. Aristóteles introduziu um método lógico e sistemático de seleção dos reinos animal, vegetal e mineral, conhecido como **silogismo**. Também foi o autor da classificação básica das ciências. Silogismo é um padrão de três proposições com o confronto de duas premissas e uma conclusão. Veja um exemplo!



O silogismo foi a base elementar da lógica matemática do século XIX e da computação do século XX. Aqui está uma pequena prática para entendermos melhor a lógica do silogismo. Vamos lá!

Complete as lacunas do seguinte silogismo!

Todos os mamíferos têm sangue quente.

Os gatos são .

Portanto, os gatos têm .

Se um crocodilo não tem sangue quente, não pode ser um .

Tentar novamente

Verificar

O pensamento de Aristóteles, apesar de imperfeições nos campos da ética atual (não rejeitava a escravidão) e da astronomia, provocou uma revolução na filosofia e nas ciências. Além disso, Aristóteles foi o instrutor (preceptor) de Alexandre, o Grande. Com a morte de Alexandre, veio o declínio da Grécia Antiga e o início do período helenístico, com a ascensão de Roma.

A divergência de Aristóteles em relação a Platão, deu origem a duas linhas filosóficas no século XVII. Entenda!

Racionalistas
(platônicos)

Empiristas
(aristotélicos)

Platão acreditava que o conhecimento verdadeiro está dentro da mente humana desde o nascimento. Ele pensava que ideias universais e eternas, chamadas de "formas", eram a base de todo conhecimento. Através da razão e do pensamento, podemos acessar essas ideias e compreender a realidade.

×

Aristóteles argumentava que o conhecimento vem da experiência sensorial e da observação do mundo ao nosso redor. Ele dizia que a mente começa vazia e é preenchida gradualmente com informações através da experiência e da indução, ou seja, tirando conclusões com base em observações específicas.

Falando agora do filósofo **Eratóstenes** (276-194 AEC), ele obteve um incrível feito científico: a medida da circunferência da Terra por meios geométricos e experimentais. Confira!

Eratóstenes posicionou hastes verticalmente durante o solstício (o dia mais longo do ano) nas cidades de Syene (atual Assuã) e Alexandria.

Ele observou a sombra projetada no solo em Alexandria, quando em Syene o Sol estava exatamente sobre a haste e, portanto, sem sombra projetada no solo, obteve o ângulo de inclinação formado entre dois raios de circunferência, partindo do centro do planeta até as duas cidades.

Ele obteve, dessa forma, o perímetro médio da Terra.

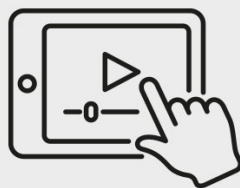
Quanto a **Arquimedes** (287-212 AEC), famoso pelo princípio de Arquimedes e pelo princípio do empuxo da mecânica dos fluidos, há mais de dois mil anos, foi o primeiro filósofo-cientista a seguir o que chamamos atualmente de método científico.



A história da relação entre a filosofia e a ciência

Explore neste vídeo a origem da tradição filosófica ocidental e veja alguns filósofos importantes para a construção dos conceitos que fundaram o pensamento científico ocidental.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Pequenos vídeos, grandes explicações!

Ciência X Mitologia

Você sabe diferenciar ciência de mitologia? Vamos aprender!

Ciência X Método científico

Você sabe diferenciar ciência de método científico? Vamos aprender!

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

Considere o mundo de um jogo eletrônico bidimensional, onde o personagem principal, Pac-Man, deve comer frutinhas e fugir de fantasmas em um labirinto. O projetista do jogo optou por introduzir habilidades cognitivas via inteligência artificial ao personagem e a possibilidade de uma interface por voz do jogador. Supondo que o jogo tenha evoluído, Pac-Man passa a se perguntar: “Quem está falando comigo?” O jogador, tridimensional, pode vê-lo, mas não pode explicar ao Pac-Man quem é, somente fornecer comandos do jogo. O personagem, bidimensional, só vê traços horizontais, que se movem nas fronteiras do labirinto, do que seria o corpo do jogador, mas não pode lhe fazer perguntas. Qual das opções apresentadas, considerando o pensamento científico, Pac-Man deve seguir para entender com quem está conversando?

- A Pac-Man deve considerar que experiências sobrenaturais são reais.
- B Pac-Man deve utilizar a lógica racional, fazendo suposições plausíveis, para chegar a uma conclusão.

- C Pac-Man deve considerar sua experiência um acontecimento espiritual.
- D Pac-Man deve seguir sua intuição e tirar suas conclusões do que ocorre até considerar um ser invisível a lhe falar.
- E Pac-Man deve fazer suposições racionais e sobrenaturais.

Parabéns! A alternativa B está correta.

O pensamento filosófico científico evoluiu a partir dos filósofos gregos que nos deixaram como legado métodos criteriosos, racionais e lógicos para se chegar às verdades do mundo. Essa é a base do pensamento científico, de forma isenta, sem dogmas ou crenças quaisquer.

Questão 2

Platão discutiu a filosofia das formas perfeitas e ideais, que descreve um mundo de ideias perfeitas e qualidades universais imutáveis, contrastando com as formas imperfeitas presentes em nossas realidades, que são vistas como meras sombras das formas ideais. Considerando a existência de constantes físicas fundamentais da natureza, assinale a resposta correta:

- A A filosofia de Platão não tem qualquer relação com a existência de constantes físicas da natureza.
- B A filosofia de Platão nos guiou na construção da filosofia científica, mas não tem relação com as constantes físicas da natureza.
- C A filosofia de Platão nos guiou na busca por qualidades universais imutáveis, semelhante à

descoberta das constantes físicas da natureza.

D A filosofia de Platão foi superada por Arquimedes e, portanto, não tem consequências hoje em dia.

E A filosofia de Platão estabeleceu o método empirista, associando a ciência às percepções dos sentidos humanos.

Parabéns! A alternativa C está correta.

O pensamento filosófico de Platão, em sua teoria das formas perfeitas, indicava a existência de formas e qualidades ideais, às quais deveríamos buscar racionalmente e que nossos sentidos só experimentariam suas imagens ou sombras, como chamou. Assim, as constantes fundamentais da natureza são essas qualidades perfeitas e imutáveis.



2 - Método científico e metodologia científica na Renascença

Ao final deste módulo, você será capaz de reconhecer a formalização do método científico e da metodologia científica na Renascença.

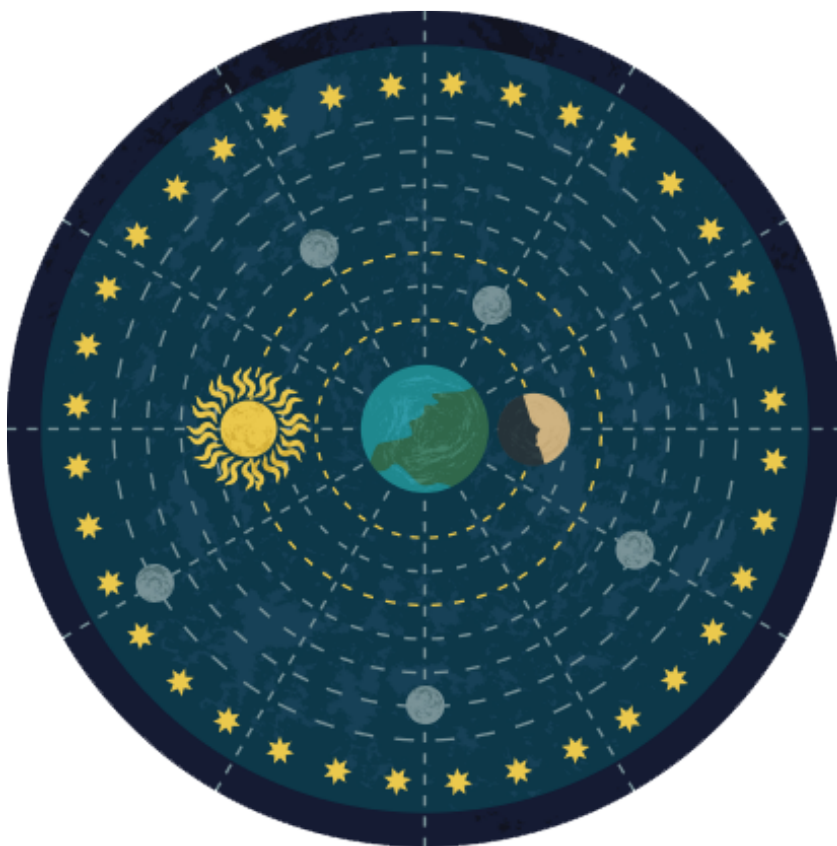
Origem do método científico

A ascensão do Império Romano (27 AEC-395 EC), com a posterior reorganização entre Ocidente e Oriente, introduziu uma decisiva ruptura na difusão do conhecimento e da filosofia na Europa, contrastando com a difusão cultural do helenismo.

A única exceção foi o **estoicismo**, escola de pensamento admirada pelos romanos por sua valorização da conduta virtuosa e do cumprimento dos deveres. Tal escola de pensamento perdurou no pensamento filosófico desenvolvido na Idade Média.



O cristianismo romano (380-395 EC) e o crescimento do poder da Igreja como religião vinculada ao Estado, em particular na construção e disseminação, favoreceu interpretações da natureza, como a geocêntrica (a Terra como centro do universo), estendendo essa estagnação científica e cultural por mil anos, durante toda a Idade Média.



Exemplo de modelo geocêntrico.

Filósofos cristãos, como Santo Agostinho (354-430 EC), Boécio (480-525 EC) e São Tomás de Aquino (1225-1274 EC), propunham a harmonia entre as escrituras cristãs e seus dogmas com as filosofias dos gregos Platão e Aristóteles. Também buscavam a hegemonia da igreja no pensamento filosófico em várias de suas dimensões, a exemplo da metafísica, ética, epistemologia, entre outras.

A filosofia grega arquivada na biblioteca de Alexandria foi traduzida para o árabe entre 800 e 950 EC, o que permitiu a era de ouro do pensamento filosófico islâmico.

Pensadores como **Avicena** (980-1037 EC) e **Alhazen** (965-1040 EC), este último conhecido como o primeiro cientista do mundo islâmico, usaram o método científico em suas descobertas pela primeira vez na história. Seus trabalhos e métodos em óptica produziram grande influência nos filósofos e cientistas europeus na Renascença.



Pensador Abu Ali Haçane ibne Alhaitame (Alhazen, 965-1040 EC).

A Renascença viu surgir o pensamento **filosófico-científico ocidental** com força, retomando os trabalhos da filosofia grega antiga. Contudo, a **divergência filosófica** entre racionalistas e empiristas permanecia.

Existiram diversos pensadores de alta relevância e alguns tiveram importância completamente transformadora na filosofia da ciência. Vamos conhecê-los!

Francis Bacon

Não foi o primeiro cientista experimental que se tem notícia, visto que Alhazen, no mundo islâmico, e outros na área conduziram experimentos séculos antes. Porém, a extrema importância de Bacon foi devida à sua estruturação sistemática do método científico.

Para ele, o propósito da ciência era melhorar a **qualidade de vida** das pessoas e, para isso, a ciência deveria seguir sem a influência da igreja, livre e distante de dogmas. A ciência deveria ser estruturada em um método para alcançar seu objetivo, colocando a **experiência prática** como fundamental.



Francis Bacon (1561-1626).

Bacon foi além da mera observação dos fenômenos, ele propunha a **experimentação ativa, induzida e repetitiva** em busca das verdades da natureza. Em 1620, com a publicação de seu livro [Novum Organum](#), foi o primeiro a explicar seu método de raciocínio e experimentação com três pilares. Veja!



Observação



Dedução



Experimentação

Ele nos ensinou a lutar contra as quatro **barreiras psicológicas** que perturbam a trajetória científica, as quais chamou de **ídolos da mente**. Confira!

Ídolos da tribo

A tendência dos seres humanos como espécie que generaliza.

Ídolos do mercado

Nossa tendência a permitir que convenções sociais distorçam nossa experiência.

Ídolos do teatro

A influência negativa dos dogmas filosóficos e científicos.

Ídolos da caverna

Nossa inclinação para impor preconceitos no lugar do exame criterioso sobre a natureza.

Segundo Bacon, devemos lutar contra todos esses ídolos para alcançar o conhecimento sobre a natureza e o mundo. A filosofia de Bacon coloca a experimentação ativa e prática em primeiro plano na ciência.

Criticado por não considerar que a formulação teórico-hipotética pura poderia produzir relevantes saltos científicos, Bacon introduziu uma fundamental mudança no modo de pensar em ciências com sua lógica de pensamento científico, a filosofia da **técnica científica**.

Galileu Galilei

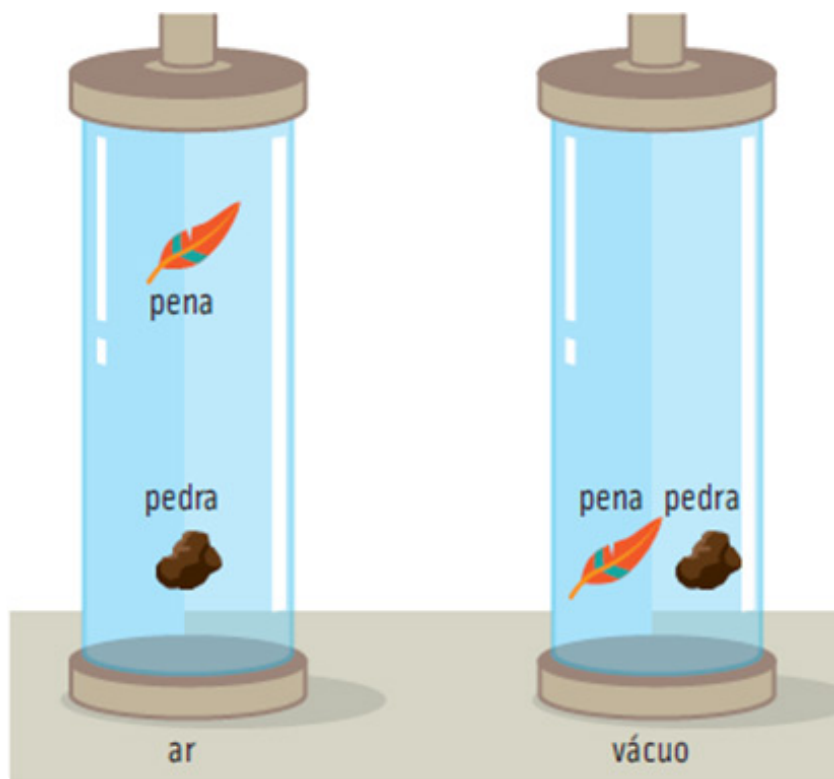
Conhecido como o teórico do **empirismo**, aquele que nos ensinou didaticamente que a experimentação física era fundamental à compreensão dos fenômenos da natureza. Em seu livro [Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze, attenenti alla meccanica e i movimenti locali](#), Galileu descreve suas observações, hipóteses, modelos e conclusões fenomenológicas. Tendo por fundamento a experiência natural, mesmo sem os recursos atuais, Galileu descreveu os fenômenos de fricção e como o movimento se processa sem fricção, algo genial!



Em sua descrição sobre a queda-livre de uma pena e uma bola de canhão, concluiu de forma correta que ambos chegariam ao solo simultaneamente na ausência de atrito com ar atmosférico.

Com isso, ele nos ensina a pensar de forma isenta, analisando cada efeito e sua ausência.

Depois de Galileu e dos ensinamentos que ele nos deixou como legado, não podemos desconsiderar o poder do método científico para toda a ciência e humanidade.



À esquerda, simulação da queda de dois objetos, considerando a resistência do ar. À direita, simulação da queda no vácuo.

René Descartes

Um dos filósofos mais influentes da história, é famoso por seu aforismo "Penso, logo existo".



René Descartes (1596-1650).

Sua busca por verdades indiscutíveis foi o cerne de sua empreitada intelectual, uma jornada em direção à construção de um pensamento científico sólido e coerente. Descartes adotou uma abordagem radical, sugerindo que a dúvida sistemática era o ponto de partida necessário para alcançar o conhecimento verdadeiro. Foi nesse processo de questionamento incessante que ele encontrou uma certeza inabalável: a própria existência. Essa certeza, que ele denominou primeira verdade ou primeiro axioma, serviu como fundação para todo o seu sistema filosófico. Assim, Descartes estabeleceu não apenas um marco na história da filosofia, mas também delineou os princípios essenciais que moldariam a ciência moderna.

Assim, em 1637, com seu livro *Discurso do Método*, propôs seu método de raciocínio cartesiano, que continha estes pontos:



Duvidar de tudo.



Procurar verdades inquestionáveis (axiomas).



Deduzir novas verdades a partir desses axiomas.

Metodologia científica

Vamos imaginar que um ser humano tivesse contato com uma civilização inteligente extraterrestre e recebesse conhecimentos médicos sobre fisiologia humana, estrutura molecular e genética, com saberes sobre algumas doenças para as quais não temos cura ou solução ainda. Considerando que essa pessoa tenha recebido autorização para usar tais conhecimentos de cura sem, no entanto, revelá-los, não é difícil imaginar que ela seria elevada a patamares divinos; um semideus, diriam alguns.

Mesmo que isso ocorresse atualmente, com todo o conhecimento científico vigente, não poderíamos saber como aquelas doenças e problemas médicos foram curados e, fatalmente, reverenciáramos esse indivíduo como alguém enviado pelos céus. Caso alguém suscitasse a possibilidade de essa pessoa ter adquirido conhecimentos de outra civilização, a população afetada com as tais doenças elevaria as mãos ao “semideus” não se importando com a hipótese levantada, ainda que muito razoável.

Essa pequena paródia, mais parecida com um filme de ficção científica, serve para nos mostrar o quão frágil somos diante de nossas **limitações científicas**. Agora, observe a seguinte curiosidade!



Restos de uma supernova tipo IA.

Desafios da Compreensão do Universo

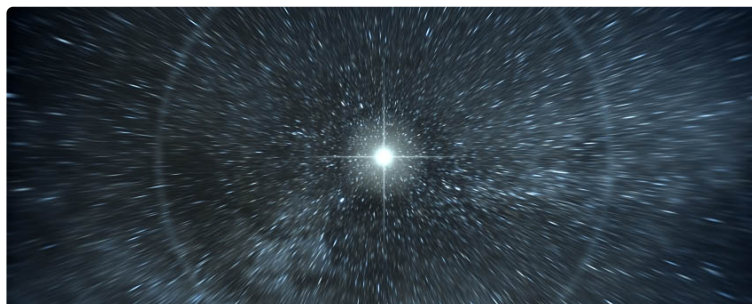
Nos últimos anos, quando a física estava por acreditar que faltava pouco para compreendermos a natureza universal com todo o conhecimento adquirido ao longo de séculos e com o trabalho de milhares de cientistas, um pequeno grupo de astrofísicos estava preocupado em saber se nosso universo estaria expandindo, contraindo ou se seria estacionário, como previsto nas soluções das equações da relatividade geral de Albert Einstein (1879-1955).



Estrelas com distorção.

Descoberta da Expansão Acelerada do Universo

Após um trabalho de anos, que promoveu grande desenvolvimento de técnicas de rastreamento de supernovas tipo IA, a conclusão desse grupo — que já não era tão pequeno assim tamanha a relevância de suas descobertas — foi que nosso universo visível está em expansão acelerada! Isso causou um choque em toda a comunidade mundial de físicos, pois não era previsto nem imaginado.



Vista do espaço para uma galáxia espiral e estrelas.

Revisão e Confirmação da Expansão Acelerada

Se antes se acreditava que o universo estava em expansão, previa-se que essa expansão deveria desacelerar devido à atração gravitacional universal. No entanto, após uma revisão minuciosa dos dados por diversos grupos e radiotelescópios, a conclusão, em 1998, confirmou que o universo está, na verdade, em expansão acelerada.

A metodologia científica é o estudo do processo adotado para alcançar os propósitos do método científico. Ela abrange o seguinte:



Experimentação



Hipótese



Tese

A seguir, fique por dentro de cada segmento que compõe o processo da metodologia científica.

Experimentação

É a observação dos fenômenos, sejam físicos ou não. Qualquer fenômeno requer experimentação ou observação. Antes de qualquer coisa, sem nos apegarmos a crenças, ideologias, dogmas ou opiniões, devemos **observar** os fenômenos através de experimentação. Todo fenômeno científico é passível de observação e precisa ser inicialmente examinado por meio de experimentos amplos, sem restrições de considerações, livres de crenças e ideologias, e os dados gerados devem ser completamente respeitados.

Atenção!

As crenças devem ser respeitadas, mas não devem interferir nas observações científicas. A imparcialidade na experimentação é fundamental para o método científico. Para ilustrar isso, um observador físico ideal seria uma máquina ou um sensor, medindo de forma neutra e objetiva, sem pensamentos, opiniões ou sentimentos; algo muito difícil para um ser humano.

Hipótese

São **sugestões** sobre o que acontece, os fenômenos observados e os mecanismos subjacentes. Elas envolvem a formulação do que se intui que ocorrerá, incluindo a matemática, processos e meios que podem ter produzido os dados observados, com o objetivo de criar modelos ou representações.

Modelo ou **projeto** é uma fase da hipotetização que envolve a transformação das ideias hipotéticas em estruturas organizadas e articuladas. Essas estruturas explicam os mecanismos e os fenômenos observados a partir de delimitações claras.



Experimento físico realizado em laboratório com bolas de berço de Newton, visando estudar a conservação de energia.

Dito de outra maneira, na mecânica de Newton, com suas leis e todo o resultado de séculos de estudo da mecânica do movimento, os fenômenos térmicos não são introduzidos diretamente.

Isso não significa que Newton não os conhecia, mas que optou pela modelagem dos fenômenos mecânicos do movimento sem as complexidades adicionais das ciências térmicas.

Os modelos tratam as hipóteses a fim de simplificar as possíveis respostas e dúvidas sobre os fenômenos que produziram os dados experimentados. Um modelo é uma simplificação de fenômenos, sempre limitado às suas concepções iniciais.

A partir de modelos hipotéticos, pode-se adicionar outras complexidades para avançar na compreensão dos fenômenos pesquisados.

Exemplo

O problema do oscilador harmônico simples horizontal é modelado sem fricção (atrito) e sem forças externas, em uma dimensão. Ao compreender as soluções e fenomenologia desse modelo e concordar com os experimentos, podemos introduzir mais complexidade. Isso resulta no modelo do oscilador harmônico amortecido, quando incluímos fricção, e no modelo do oscilador harmônico amortecido forçado, quando adicionamos tanto fricção quanto uma força externa harmônica.

A **modelagem** é uma parte fundamental da hipótese, pois ajuda a delimitar a questão em parâmetros menos complexos. Dessa forma, todos os modelos físicos que resultam em leis físicas são delimitados em intervalos de validade de energias e dimensões, sendo efetivos na representação da realidade física.

É comum delimitar modelos, teorias e leis físicas, já que todas as teorias físicas são eficazes. Após a proposição de um modelo teórico ou fenomenológico, ele é confrontado com os dados observados experimentalmente.

Exemplo

A mecânica newtoniana é uma teoria eficaz para estudar o movimento mecânico de corpos rígidos, mas não pode explicar fenômenos térmicos ou quânticos. Isso significa que essa teoria tem limitações de validade em baixas velocidades (quando comparada à velocidade da luz), em dimensões não quânticas (não abordando fenômenos do universo das partículas fundamentais ou de escalas pequenas) e não explica fenômenos de larga escala do universo, governados pela relatividade geral.

A fase do **teste dos modelos** é igualmente fundamental. Os modelos são testados dentro de seus limites de validade e parametrizações hipotetizadas, confrontando dados obtidos da experimentação e da observação. Por meio de gráficos e análise estatística, os fenômenos

são apresentados com suas curvas representativas, muitas vezes utilizando dados simulados, gerados pelo modelo de simulação, com curvas teóricas ou teórico-simuladas.



Análise técnica de comportamento de carro com resposta em curvas gráficas analisáveis.

Atualmente, com o avanço das simulações computacionais, o confronto de resultados não se restringe apenas à análise de curvas gráficas, mas também inclui a simulação completa dos fenômenos no computador. Por meio do confronto entre modelo e fenômeno, dentro dos parâmetros das ciências estatísticas, e com a reprodução dos mesmos resultados por diferentes grupos de pesquisadores e laboratórios, é possível chegar às conclusões necessárias para propor uma tese ou teoria.

Tese ou teoria

Quando as hipóteses estão alinhadas e a modelagem está dentro dos limites estabelecidos por elas, e os resultados do modelo são confrontados com os experimentos através de testes científicos rigorosos, com análises estatísticas, e são verificados por outros grupos científicos, é possível elevar o modelo à condição de tese ou teoria.

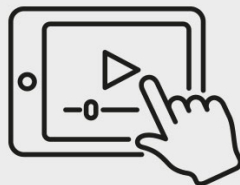
De acordo com o método científico, teoria é o estágio final de uma investigação científica, quando não restam mais dúvidas quanto aos aspectos mais fundamentais de um fenômeno.



Origem do método científico

Entenda neste vídeo o que é o método científico aplicado e confira suas etapas.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Pequenos vídeos, grandes explicações!

Método científico

Você sabe como funciona o método científico? Vamos aprender!

Diferença entre hipótese e teoria

Cansou de confundir hipótese com teoria e vice-versa? Vamos solucionar esse problema!

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

Leia o seguinte enunciado e marque a alternativa correta:

Sempre que observo um fenômeno da natureza, busco em meu interior, em minhas experiências de vida, a resposta ao que observei.

- A Devemos combinar o método científico às nossas opiniões na busca de compreensão de um fenômeno.
- B Nossas hipóteses são os elementos fundamentais à compreensão de um fenômeno, pois sempre será possível que não tenhamos condições de medir todos os aspectos do fenômeno.
- C Como o método científico tem a hipótese como uma de suas características fundamentais, devemos usá-la de forma ampla, buscando os recursos de nossas experiências pessoais como auxílio ao método.

- D Essa afirmação contraria séculos de evolução do conhecimento científico. Sempre que observarmos um fenômeno, devemos seguir o método científico como caminho para compreendê-lo de forma imparcial.
- E Nossas opiniões e convicções devem parametrizar o método científico, para que consigamos sempre comprovar aquilo que afirmamos.

Parabéns! A alternativa D está correta.

O método científico refuta qualquer forma de investigação não isenta. As experiências pessoais, opiniões, sentimentos e crenças não são o caminho da ciência, como bem ensinado por filósofos e cientistas desde a Renascença.

Questão 2

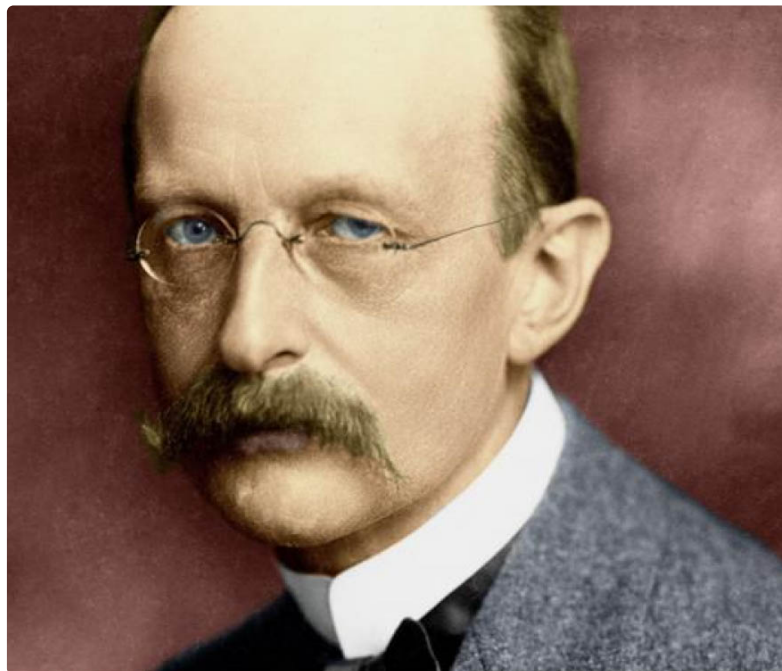
Considere o problema da queda livre da pena e da bola de canhão, apresentado por Galileo Galilei. Ele afirmou que se retirássemos as forças de atrito do ar atmosférico no ambiente do experimento, tanto a pena quanto a bola de canhão chegariam ao solo simultaneamente, desde que lançadas no mesmo instante e da mesma altura vertical. Marque a resposta que melhor se adequa a como Galileo conseguiu chegar a essa incrível conclusão, já que não possuía condições de realizar o experimento em sua época, tendo sido realizado 500 anos depois.

- A Galileo simplesmente propôs essa conclusão sem qualquer base plausível.
- B Galileo não sabia a resposta e escolheu a que lhe traria mais atenção da comunidade científica.

- C Galileo realizou o experimento em condições não divulgadas e chegou à conclusão correta.
- D Galileo, utilizando experimentos com planos inclinados, refletiu sobre os resultados e deduziu uma conclusão, amparada matematicamente.
- E Galileo utilizou experimentos imaginários e confrontou seus resultados com os resultados de experimentos reais.

Parabéns! A alternativa D está correta.

Galileo descreveu seu método dedutivo a partir dos experimentos com planos inclinados e de queda livre. Apesar de não ter as condições de idealmente realizar o experimento em sua época, seguiu um método criterioso e racional, modelou o experimento matematicamente e pôde chegar à sua conclusão, na esperança que pudesse ser realizada no futuro, como de fato ocorreu.



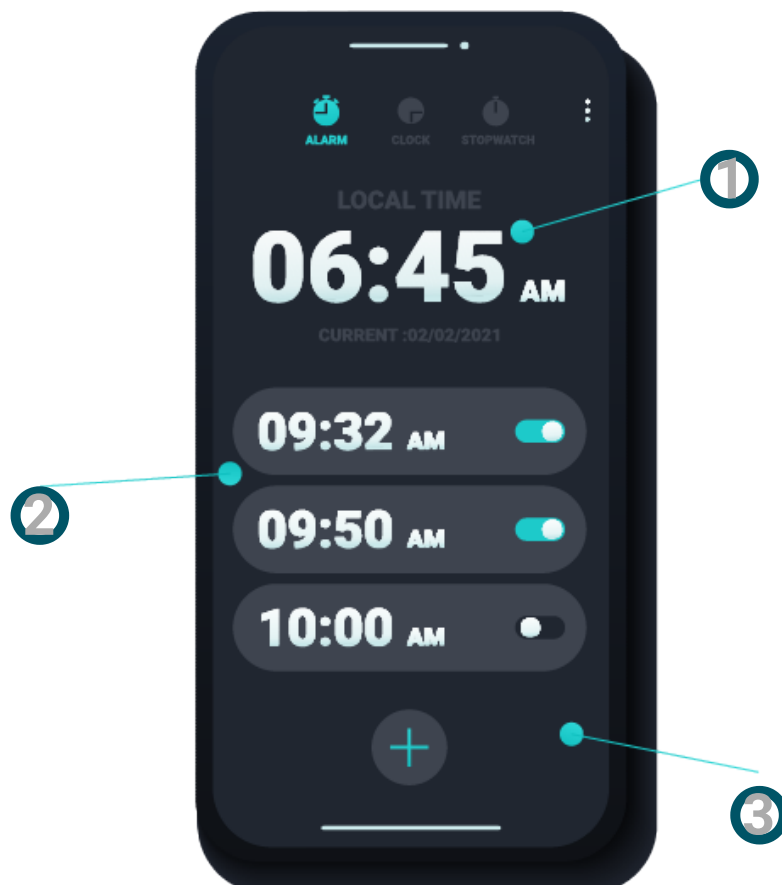
Ao final deste módulo, você será capaz de reconhecer a metodologia científica na ciência moderna.

A ciência moderna

A importância da medição

Uma das habilidades humanas básicas é a de medir. Desde a necessidade mais elementar até a mais sofisticada, a medida está associada à nossa capacidade científica. Contar o número de membros de uma comunidade ou a quantidade de alimentos, de cada tipo ou classe, por número de elementos, tamanho ou peso, significa medir. Verificar os danos causados por um evento climático ou o resultado de uma batalha entre tribos da antiguidade são procedimentos de medida. Sempre estamos medindo grandezas e quantidades em unidades de medidas. Confira a imagem e interaja!

 Toque nos pontos em destaque.



Exemplo de medição do tempo.

Unidade de medida

Horas, minutos e segundos.

Grandeza

Tempo.

Instrumento de medida

Celular / despertador.

Desde o instante anterior ao acordarmos e iniciarmos o nosso dia, já começamos a medir. Estabelecemos um horário de despertar, elegendo o tempo como uma grandeza a ser medida, e escolhemos uma quantidade, um valor em unidades dessa grandeza, um horário de despertar. Assim, nosso instrumento de medida temporal, o despertador, vai nos avisar quando medir a hora que estabelecemos.

Sempre que comparamos quantidades de uma grandeza, estamos medindo. Essa medida pode ser objetiva ou subjetiva (por exemplo, quando dizemos que determinado alimento é mais saboroso que outro).

Tudo que puder ser **mensurado** com técnicas metrológicas de forma isenta, livre de dogmas, crenças, aspectos ideológicos ou religiosos, e que puder seguir o método científico e suas metodologias, será considerado ciência. No entanto, para que haja uma tese, é necessário propô-la como hipótese e testá-la, confrontando-a com a metrologia. Assim, temos o método científico completo.

Exemplo

Digamos que um juiz de execuções penais queira avaliar a efetividade de diferentes modelos de cumprimento de penas. Para isso, ele deve definir os modelos a serem comparados (classificando detentos por periculosidade, duração da pena, tipo de crime, idade, sexo, educação etc.), realizar um levantamento estatístico dos resultados (como tranquilidade nas prisões e reincidência dos libertados) e comparar essas estatísticas de forma imparcial. Portanto, o método científico

também se aplica ao campo das ideias filosóficas quando a mensuração está em questão.

Grandezas físicas de base

A medida em física, como em qualquer ciência, traduz uma comparação. Para medir, precisamos **identificar** a grandeza a ser mensurada e uma referência em unidades significativas para que possamos comparar nossa medida com o padrão dessa grandeza.

GRANDEZA	UNIDADE	SÍMBOLO
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundos	s
Corrente elétrica	ampere	a
Temperatura	kelvin	k
Quantidade de matéria	mol	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

Tabela: Unidade e símbolo das grandezas.
Gentil Oliveira Pires

Importante lembrar que todas as grandezas físicas possuem padrões no Sistema Internacional de Unidades (SI), ou seja, unidades de medida SI.

Escalas de medida

Escalas são uma sequência ordenada de pontos em um equipamento de medida ou em uma representação gráfica de medidas, podendo ser dispostas em múltiplos ou potências da unidade da grandeza física.

A escala pode ser linear, quadrática, exponencial, logarítmica etc. Assim, o comprimento, com sua unidade de medida SI, o metro, tem variações lineares desde o zero até o infinitamente grande, pertencentes ao conjunto matemático dos **números reais**.

As medidas negativas de comprimento, dizem respeito à orientação (sentido) e origem (início) da medida. O intervalo linear de

comprimentos em metros divide-se em grupos chamados de escalas lineares do metro. Confira!

 10^{-4}

 10^{-3}

 10^{-2}

 10^{-1}

 10^0

 10^1

 10^2

 10^3

 10^4

Isso equivale a dizer que a escala de comprimentos de medidas de uma residência é de 10^1 ou 10^2 m, enquanto a de uma rodovia com 3.585 km pertence à escala de 10^7 m, pois o km tem escala de 10^3 metros. Observe a tabela de prefixos de escalas do SI a seguir.

Fator	Nome	Símbolo	Fator	Nome	Sím
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	quilo	k	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Tabela: Prefixos de escalas do SI.
INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012.

Sistema Internacional de Unidades (SI)

Unidades físicas básicas

De acordo com o Sistema Internacional de Unidades, são sete as grandezas físicas básicas convencionadas e suas dimensões canônicas. Veja a tabela de grandezas de base e unidades de base do SI.

Grandeza de base	Símbolo	Unidade de base	Símbolo
Comprimento	l, h, r, x	metro	m
Massa	m	quilograma	kg
Tempo, duração	t	segundo	s
Corrente elétrica	I, i	ampere	A
Temperatura aerodinâmica	T	kelvin	k
Quantidade de substância	n	mol	mol
Intensidade luminosa	I_v	candela	cd

Tabela: Grandezas de base e unidades de base do SI.
INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012.

Essas grandezas são independentes por convenção. Todas as outras, chamadas de grandezas derivadas, podem ser definidas por equações algébricas baseadas em leis físicas em termos das grandezas básicas. Logo, no escopo dimensional, força é definida como $M L T^{-2}$, ou seja, em termos de unidades de medidas, 1 Newton = 1 kg m / s² para as unidades SI de força, massa, comprimento e tempo. Isso não significa, de modo algum, serem essas sete mais importantes, ou suficientes para todos os fenômenos físicos. A questão está na medida experimental.

Atenção!

Embora as grandezas físicas básicas sejam independentes, suas unidades básicas (metro, quilograma, segundo, ampere, kelvin, mol e candela) não são, pois se definem umas em relação às outras.

Ao discutirmos as unidades básicas das grandezas físicas, devemos reconhecer que essas unidades de medida não são independentes, pois possuem relações entre si. Portanto, é importante considerar que:

- O metro incorpora o segundo.
- O ampere incorpora o metro, o quilograma e o segundo.
- O mol incorpora o quilograma.
- A candela incorpora o metro, o quilograma e o segundo.

As unidades básicas SI são definidas da seguinte forma. Veja!



Quilograma

(kg)

É a unidade de massa, definida como a massa do protótipo internacional do quilograma. Obs.: o Inmetro adota como grafia técnica o termo Kilograma.



Metro

(m)

É o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ de segundo.



Segundo

(s)

É a duração de tempo de 9.192.631.770 períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133. Essa definição se refere a um átomo de césio em repouso, a uma temperatura de 0K.



Ampère

(A)

É a intensidade de uma corrente elétrica constante que, se mantida em dois condutores paralelos, retilíneos, de comprimento infinito, de seção circular desprezível, e situados à distância de 1 metro entre si, no vácuo, produz entre os condutores uma força igual a 2×10^{-7} newton por metro de comprimento.



Kelvin

(K)

É a fração $1/273,16$ da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água. Disso resulta que a temperatura termodinâmica do ponto triplo da água é exatamente 273,16 kelvins, $T_{tpw} = 273,16 \text{ K}$.



Mol

(mol)

É a quantidade de substância de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos átomos existem em 0,012 quilograma de carbono 12. Quando se utiliza o mol, as entidades elementares devem ser especificadas, podendo ser átomos, moléculas, íons, elétrons, assim como outras partículas ou agrupamentos especificados de tais partículas.



Candela

(cd)

É a intensidade luminosa, em dada direção, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência 540×10^{12} hertz e que tem uma intensidade radiante nessa direção de $1/683$ watt por esferorradiano.

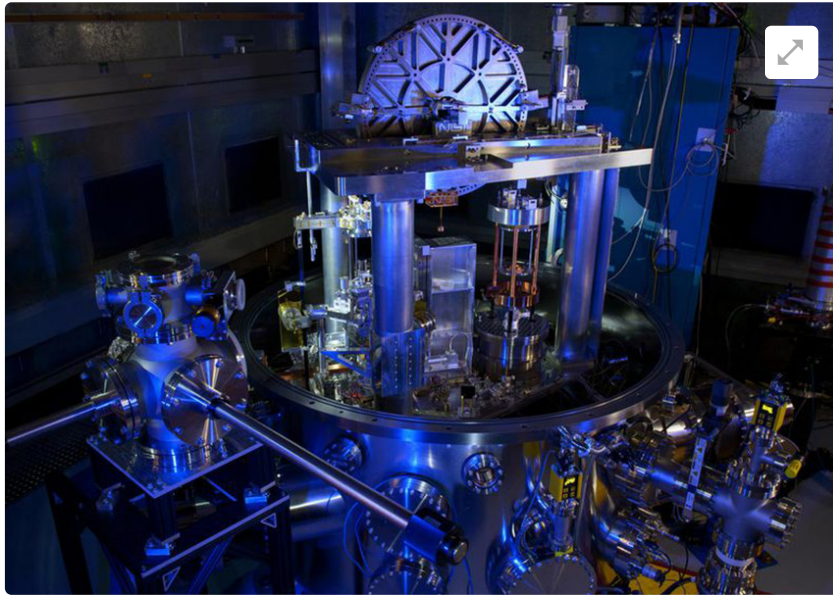
Redefinição do Sistema Internacional de Unidades (SI)

Historicamente, algumas unidades básicas do SI foram inicialmente definidas em termos de objetos físicos sólidos, como o metro padrão e o quilograma padrão. Com o avanço, a definição do metro padrão foi revisada para a atual, baseada na constância da velocidade da luz no vácuo. Além disso, as unidades básicas kelvin, ampere e mol também foram ajustadas em relação a constantes fundamentais da natureza:

- Kelvin será função da constante de **Boltzmann**.
- Ampère será função da **carga do elétron**.
- Mol será função do **número de Avogadro**.

Todos esses avanços nos processos de medição e definição das três unidades básicas já haviam sido alcançados. No entanto, foi somente no final de 2018 que a nova definição do quilograma padrão em termos da **constante de Planck** foi aprovada, e isso foi implementado em conjunto em 20 de maio de 2019.

Portanto, as sete unidades básicas do SI são determinadas por constantes fundamentais da natureza. Na imagem, observe a balança de Kibble, que foi usada para desenvolver a nova definição da massa e do quilograma com base na constante de Planck.



Balança de Kibble para a nova definição da massa e do quilograma em função da constante de Planck.

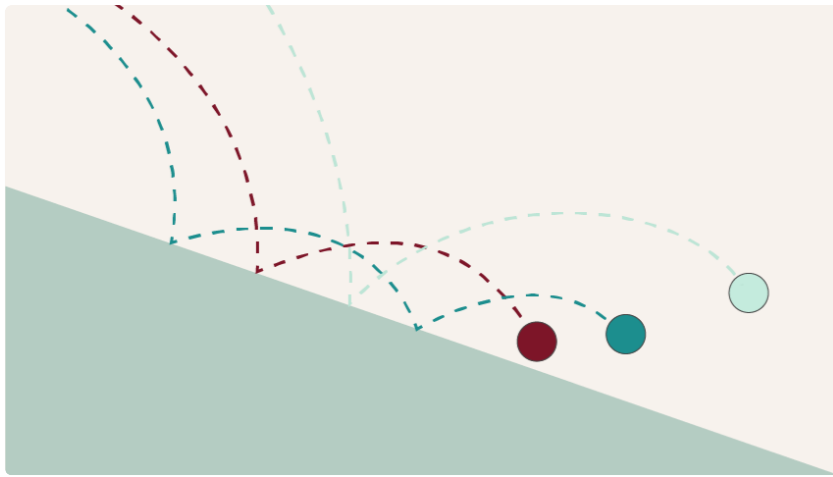
Assim, as sete unidades básicas SI são função de constantes fundamentais da natureza.

Princípio da medida

A essência desse princípio é que toda medida possui uma incerteza.

Não é possível medir com exatidão ou perfeita acuracidade; nenhuma medida é ou será exata. Devemos observar esse princípio, lidando com as incertezas oriundas dos instrumentos, processos e fenômenos físicos, ainda que exatos nas equações teóricas.

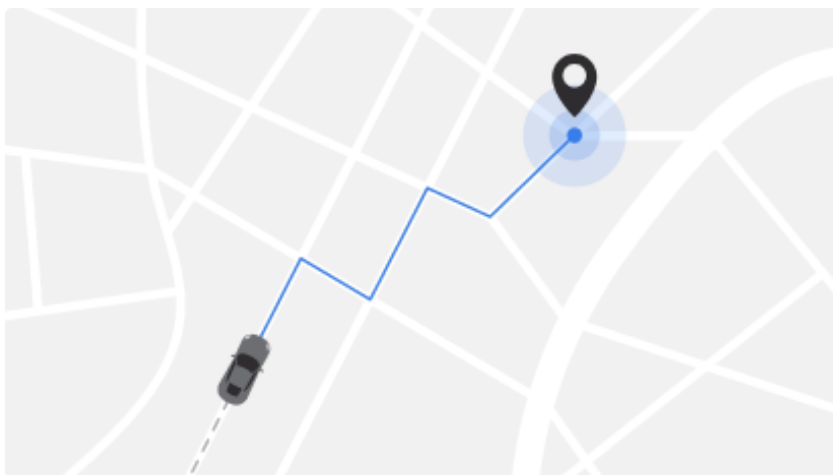
Se lançarmos uma pequena esfera sólida de um plano inclinado, descrevendo uma parábola, e cobrirmos a área de impacto no solo com papel carbono para marcar os pontos de impacto, perceberemos que, a cada lançamento, a esfera tem uma probabilidade significativa de marcar o carbono em diferentes pontos. Para cada altura de lançamento, haverá uma dispersão dos pontos de impacto no solo. Confira!



Esferas quicando sobre o plano inclinado.

É importante notar que esse efeito não desaparecerá mesmo com o aprimoramento da técnica, embora possamos melhorar os resultados, pois **sempre haverá dispersão**. Assim, podemos afirmar que todo dado medido tem sua incerteza ou desvio. Essa dispersão nos resultados dos dados será tratada matematicamente com estatística padrão, sendo as incertezas decorrentes dos desvios.

Ao localizar um endereço via GPS, o equipamento utiliza antenas do sistema de telefonia celular e informações de satélites GPS. Combinando essas informações, o sistema apresenta o local mais provável estatisticamente, e a área ao redor representa o desvio desse resultado, ou a incerteza da medida. Quanto mais precisa a localização do sistema GPS, utilizando mais antenas e satélites, menor a incerteza e, conseqüentemente, menor a área de desvio de localização.



Sombra de entorno do GPS.

O ponto central pode variar, pois o resultado é estatístico. Portanto, todo dado medido não representará mais um único ponto, mas sim um intervalo de validade da grandeza medida, composto por um valor nominal e sua incerteza. Em termos de representação gráfica, isso seria visualizado como uma barra de desvio, indicando um intervalo de

valores da grandeza medida entre o valor nominal menos o desvio e o valor nominal mais o desvio, formando um intervalo de confiabilidade.

Por exemplo, imagine o alcance horizontal no problema de lançamento de projéteis de uma esfera sólida de um plano inclinado ao solo de certa altura. Podemos representar esse dado de alcance em uma coordenada x da seguinte forma:

$$R = xm \pm \delta x$$

Considerando uma amostra de dados de lançamentos, obtendo um valor mediano dos alcances de impacto, xm , para uma mesma altura de lançamento, com um desvio estatístico δx . Repare que se representarmos graficamente R , alcance, este será representado como uma barra variando desde $xm - \delta x$ até $xm + \delta x$, no intervalo de validade da dimensão x . Isso significa que toda medida tem uma incerteza, não sendo possível alcançar a exatidão.

Saiba mais

Busque na internet o documento *Avaliação de dados de medição: guia para expressão de incerteza de medição (GUM 2008)* e consulte as definições dos conceitos de medição, resultado de medição, desvios ou incertezas de medição, erros de medida, erros sistemáticos e aleatórios.

Algarismos significativos

São os algarismos representativos que compõem o valor de uma grandeza, excluindo-se os zeros à esquerda. Eles indicam a precisão dessa medida, na qual o último algarismo representado é incerto. Zeros à direita são significativos. Na tabela, podemos observar um mesmo valor do deslocamento de uma partícula descrito com diferentes números de algarismos significativos. Observe!

X (mm)	Algarismos significativos
57,896	5
$5,79 \times 10^1$	3
$5,789600 \times 10^1$	7

X (mm)	Algarismos significativos
$0,6 \times 10^2$	1

Tabela: Valores de deslocamento com seus números significativos.
Gentil Oliveira Pires

A escolha do número de significativos que será usado depende da grandeza, do processo de medida e do instrumento utilizado. O número de algarismos significativos de uma grandeza será determinado por sua incerteza. Veja na tabela!

Incorreto	Correto
$5,30 \pm 0,0572$	$5,30 \pm 0,06$
$124,5 \pm 11$	125 ± 11
$0,0000200 \pm 0,0000005$	$(200,0 \pm 5,0) \times 10^{-7}$
$(45 \pm 2,6) \times 10^1$	$(45 \pm 3) \times 10^1$

Tabela: Amostra de algarismos significativos determinados pelas suas grandezas.
Gentil Oliveira Pires

Representação gráfica

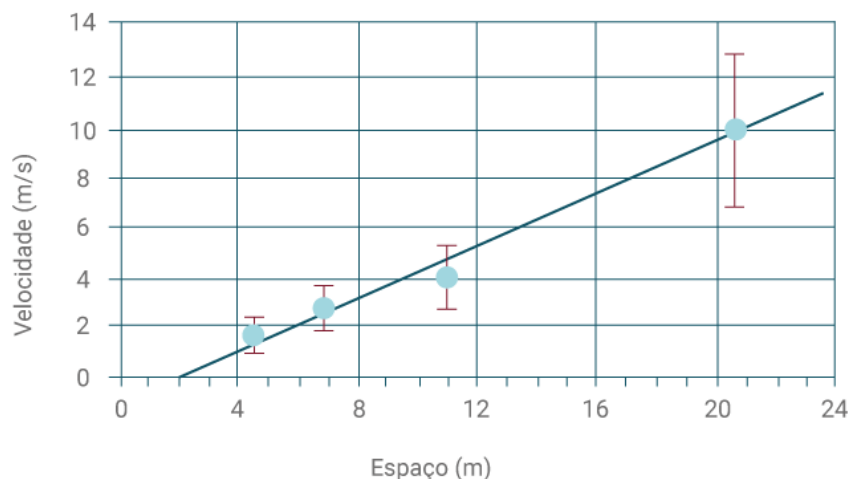
Será realizada com base nos dados medidos de uma amostra, em que suas incertezas serão representadas por barras de desvio ou barras de incerteza. Esses dados serão interpretados como intervalos graficamente representados, escalonados para essa visualização em mídias lineares, quadráticas, exponenciais ou logarítmicas. As barras representarão o **intervalo de confiança** da grandeza mensurada. Confira a próxima tabela e o respectivo gráfico.

V (m/s)	X(m)
$1,84 \pm 0,55$	$4,60 \pm 0,05$
$2,76 \pm 0,82$	$6,90 \pm 0,05$

V (m/s)	X(m)
$3,99 \pm 1,20$	$11,10 \pm 0,05$
$9,88 \pm 2,96$	$20,60 \pm 0,05$

Tabela: Dados da representação gráfica.

Gentil Oliveira Pires



Representação gráfica linear.

As barras de desvios ou de incertezas do espaço, na abscissa, não foram representadas, pois são menores que os pontos. Foi ajustada uma reta média que representa os pontos experimentais.

A reta mediana é traçada procurando passar a reta equilibradamente o mais próximo possível do maior número de pontos, sempre dentro das barras de desvio, e não há uma âncora de representação, como a origem ou outro ponto.



0 sistema de medidas

Comprenda neste vídeo o sistema de medidas e a sua importância para o universo das ciências exatas e para a nossa vida.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Pequenos vídeos, grandes explicações!

A medida

Você sabe o que é medida e o conceito de medir? Prepare seus medidores e vamos lá!

Medidas exatas

Você acredita que as medidas possam ser exatas? Venha aprender e confirmar suas certezas!

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

De forma simplificada, como se pode definir o que é ciência?

- A Todas as crenças, culturas, mitologias, folclores, rituais e demais atividades humanas são a base do conceito de ciência.
- B Não há uma única definição, toda atividade humana pode ser classificada como ciência.
- C Todas as atividades de investigação, que se utilizem dos preceitos do método científico somadas às experiências humanas e de vida, inclusive as crenças humanas sobre uma atividade, serão consideradas ciência.
- D Tudo que puder ser medido, com os princípios do método científico e suas metodologias, de forma objetiva e isenta, livre de dogmas, crenças e opiniões, pode ser classificado como ciência.
- E Ciência não pode ser classificada em termos do método científico e suas metodologias, mas sim dos avanços científicos alcançados.

Parabéns! A alternativa D está correta.

Ciência não pode depender de dogmas, culturas, folclores, crenças mitológicas de qualquer ordem ou de experiências de vida. A

ciência fundamenta-se no método científico, em suas metodologias e na medida experimental, sempre de forma isenta.

Questão 2

Anos atrás, um cientista afirmou ter encontrado um monopolo magnético, uma partícula de carga magnética não prevista na teoria eletrodinâmica de Maxwell. Essa busca era o desejo de Paul M. Dirac para explicar a origem da quantização da carga elétrica. No entanto, toda a comunidade da física que se dispôs a repetir o experimento descrito por esse cientista não conseguiu observar o tão procurado monopolo magnético. O que você diria que ocorreu?

- A Os demais cientistas simplesmente não conseguiram encontrar o monopolo magnético.
- B O trabalho descrito pelo suposto descobridor do monopolo magnético deve ser considerado falso ou, no mínimo, inconclusivo.
- C O monopolo magnético não foi observado com os preceitos do método científico e, portanto, os demais cientistas não conseguiram reproduzir o experimento.
- D Os demais cientistas não tinham os recursos necessários ao experimento.
- E Os demais cientistas falsearam resultados para não divulgarem suas descobertas.

Parabéns! A alternativa B está correta.

Todo trabalho científico que passou pelo crivo do método científico e suas metodologias deve ser reproduzível dentro dos princípios da medida. Se nenhum outro cientista conseguiu reproduzi-lo com o

resultado alegado, e não faltariam interessados nesse tema, o trabalho só pode ser considerado falso ou inconclusivo.

Considerações finais

O desenvolvimento do método científico, desde a Grécia Antiga até os dias atuais, relaciona-se ao desenvolvimento do nosso conhecimento na perspectiva da evolução científica e tecnológica. Chamamos este processo de teoria do conhecimento. Neste sentido, não é possível fazer ciência e seus recursos sem o método científico e suas metodologias.

Todo processo de conhecimento é uma realização do método científico. Qualquer procedimento de medição de grandeza científica recorre as suas metodologias. Nenhum texto, artigo, tese, monografia e norma técnica pode deixar de tê-lo em sua concepção. Qualquer pesquisa, para que possa ser validada e certificada, segue o método científico.

Em resumo, nossa compreensão da natureza, em suas amplas dimensões científicas, é relacionada ao método científico.



Podcast

Para concluir, ouça sobre a origem do método científico e suas contribuições para a ciência moderna.

Para ouvir o *áudio*, acesse a versão online deste conteúdo.



Explore +

Confira o que separamos especialmente para você!

Leia:

Estimando a distância de galáxias, do Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA), 2015.

Sistema Internacional de Unidades – SI, 1ª Edição Brasileira da 8ª Edição do BIPM, Rio de Janeiro, 2012

Dicionário de Física Ilustrado, de Horácio Macedo (1976).

Precisão e acurácia: você sabe a diferença?, de CPE Tecnologia, 2019.

Pesquise:

A Convenção do Metro e sua relação com o Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM).

Acesse:

Phet - Interactive Simulations, University of Colorado, e experimente o simulador do problema de um pêndulo, no qual se pode adicionar atrito e ajustar a massa e o comprimento do fio.

Referências

BRASIL. **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia**. Resumo do Sistema Internacional de Unidades (SI). Tradução da publicação do BIPM. Rio de Janeiro: INMETRO, 2006.

BRASIL. **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia**. **Sistema Internacional de Unidades (SI)**. Tradução da publicação do BIPM. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012.

BRASIL. **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia**. GUM - Guia para a Expressão da Incerteza de Medição 2008. Tradução da publicação do BIPM. Brasília: INMETRO, 2012.

BRASIL. **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia**. Redefinição do SI. Rio de Janeiro: INMETRO, 2018.

DE OLIVEIRA, A. J., **BÓSON de Higgs**: Divulgada foto mais nítida da partícula. Revista Galileu, 2 set. 2015.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos da Física**. Volumes 1, 2, 3 e 4. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

KIM, D. **Livro da Filosofia**. Tradução de The Philosophy Book, São Paulo: Globo Livros, 2016.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. Volumes 1, 2, 3 e 4. Ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1998.

PIACENTINI, J. J. *et al.* **Introdução ao laboratório de Física**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2012.

SEARS & ZEMANSKY; YOUNG, H.; FREEDMAN, R. A. **Física I, II, III e IV**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

Material para download

Clique no botão abaixo para fazer o download do conteúdo completo em formato PDF.

[Download material](#)

O que você achou do conteúdo?



 [Relatar problema](#)

